

Physikertagung in Bad Pyrmont

Nordwestdeutsche Physikalische Gesellschaft

Der im Oktober vorigen Jahres gefaßte Entschluß der Mitgliederversammlung in Wiesbaden, neben den bisher schon übernommenen Aufgaben zur Förderung des Unterrichts und des Zeitschriftenwesens für den Erfahrungsaustausch in den Fachausschüssen auch von seiten des Verbandes selbst bessere Bedingungen zu schaffen, hat sich bei der Frühjahrstagung in Bad Pyrmont bereits als wirksam erwiesen. Die Arbeitsgemeinschaft Metallphysik und der Fachausschuß Halbleiter konnten vier Tage lang feststellen, wie gut ihre Arbeitsgebiete sich ergänzen, so daß beschlossen wurde, auch im nächsten Jahre wieder zu gemeinsamer Sitzung zusammenzukommen, diesmal im Saarland auf Einladung der dortigen Physikalischen Gesellschaft.

Eine glückliche Hand hatten die Vorsitzenden der Fachausschüsse bei der Themenauswahl für die Hauptvorträge. Die Vorträge, meist von Mitarbeitern aus den Forschungszentren der Industrie oder den Hochschulinstituten, erleichterten auch dem Fernerstehenden, sich zwischen der Fülle der an den Nachmittagen vorgetragenen neuen Forschungsergebnisse zurechtzufinden. Um weitere Hauptvorträge hatte sich der Vorstand der Gesellschaft selbst bemüht, so daß am letzten Tage vormittags noch zwei weitere gemeinverständliche Berichte möglich waren. Was am zweiten Tage unser Ehrenmitglied Prof. *Max Born* noch auf allgemeinen Wunsch von der Entstehung der Festkörpertheorie erzählte, stellte die neueren Ergebnisse in einen größeren Zusammenhang.

Am Nachmittag wurde diese Unterrichtung durch die vier Vorträge der Fortbildungstagung für Physiklehrkräfte abgerundet. In einer Kaffeepause ergab sich Gelegenheit zur Aussprache zwischen den rund 70 Teilnehmern, die erst an diesem Tage aus dem Bereich der höheren Schulen niedersächsischer und westfälischer Landesteile hatten eintreffen können und den bereits anwesenden Mitgliedern und Vortragenden.

In der ordentlichen Geschäftsversammlung folgten die Mitglieder nach kurzer Diskussion mit 82 Stimmen bei einer Gegenstimme und zwei Enthaltungen dem Vorschlag des Vorstandes, der vom Vorsitzenden, Prof. A. *Flammersfeld* noch einmal kurz mit Hinweis auf die der Gesellschaft zugefallenen Aufgaben öffentlicher Art begründet wurde und setzten die Jahresbeiträge auf DM 36,— oder bei Monatseinkommen unter DM 800,— auf DM 26,— fest. Für Studenten wurde der bisherige Satz von DM 2,— und bei Firmen der Mindestsatz von DM 100,— beibehalten.

Als Vorsitzenden für die im Herbst nach Schluß der Physikertagung beginnende Amtsperiode wählte die Versammlung Prof. H. *Bittel* (Münster), der sich auch bereit erklärte, die Wahl anzunehmen. Die Frühjahrstagung 1962 vom 10.—13. April wird wiederum in Bad Pyrmont stattfinden.

Mit dem Dank des Vorsitzenden an Vortragende, Teilnehmer, die Kurverwaltung, die uns wiederum jeden Wunsch erfüllt hatte und insbesondere auch an Prof. A. *Hinzpeter*, der mit seinem Mitarbeiterstab die Tagung am Ort vorbereitet hatte, schloß am Abend des vierten Tages das gelungene Unternehmen.

R. Mannkopff, Göttingen

MITTWOCH, DER 12. APRIL 1961

Vormittag

Fachausschuß Halbleiter

Zusammenfassende Vorträge

K. W. BÖER (Berlin): *Feld- und Strominhomogenitäten bei hohen elektrischen Belastungen in Isolatoren und Photoleitern.*

M. CARDONA (RCA Zürich): *Faraday-Effekt in Halbleitern.*

H. EGGERT (Siemens, Berlin): *Zur Beweglichkeit von Stromträgern in Halbleitern.*

Nachmittag

H. REIK (Philips, Aachen) und K. J. SCHMITT-TIEDEMANN (Philips, Hamburg): *Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Problem der heißen Elektronen in Halbleitern.*

Einzelvorträge

H. RUPPRECHT (Erlangen): *Zur Deutung der Anisotropie der Widerstandsänderung von n -leitendem InSb.*

Kristalle aus InSb, welche nach der Czochralski-Methode hergestellt sind und einen Te-Gehalt $> 10^{16}$ Atome cm^{-3} besitzen, zeigen häufig eine Anisotropie der Widerstandsänderung $\Delta R/R_0$. Bei Proben mit einer Stromrichtung J parallel zur Wachstumsrichtung ist die Widerstandsänderung über eine Größenordnung höher als bei Proben mit J senkrecht zur Wachstumsrichtung. Die Ergebnisse können durch Annahme eines schichtweisen Einbaus der Störstellen in Schichten wechselnder Konzentration erklärt werden. Durch Messungen der Winkelabhängigkeit von $\Delta R/R_0$ für verschiedene Winkel von Stromrichtung J und Richtung der magnetischen Induktion B kann aus dem Winkel des Maximalwertes von $\Delta R/R_0$ auf die Lage der Schichtstruktur relativ zur Probenlängsachse geschlossen werden.

H. BRUNS (OSRAM-Studiengesellschaft, Augsburg): *Magnetische Widerstandsänderung und Anisotropiekonstante von n -Germanium im Temperaturbereich von 10°K bis 300°K.*

An einkristallinen n -Germanium-Proben wurden im Bereich schwacher und starker Magnetfelder (bis zu 22 kG) die Hallspannung sowie die longitudinale und transversale Widerstandsänderung gemessen. Nach der Abeles-Meiboomschen Theorie ist daraus das Verhältnis von longitudinaler und transversaler effektiver Elektronenmasse zu berechnen. Die Abhängigkeit dieser Anisotropiekonstanten von der Temperatur und der Donatorkonzentration wird auf die Streuung der Leitungselektronen an den ionisierten Störstellen zurückgeführt. Im Bereich starker Magnetfelder überschreiten die linear mit der Magnetfeldstärke ansteigenden Widerstandsänderungen die theoretisch geforderten Sättigungswerte; dieser Befund bleibt auch bei Änderung der Probendimensionen und der Richtung des Magnetfeldes zur Probe bestehen.

G. WINSTEL (Forschungslaboratorium Siemens & Halske AG, München): *Deutung der Tunneldiodenkennlinie aus ihrem Temperaturgang.*

Auf Grund von Messungen des Temperaturganges der verschiedenen Äste der Flußstromkennlinie bei Germanium- und Galliumarsenid-Tunneldioden wurden quantitative Schlüsse über die Natur der einzelnen Stromanteile gezogen.

H.-U. HARTEN (Philips Zentrallabor., Hamburg): *Über das Oberflächenpotential des Siliziums an der Grenze zu einem Elektrolyten.*

Es ist üblich, das Oberflächenpotential eines Halbleiters mit Hilfe der Oberflächenleitung zu messen und durch ein senkrecht zur Oberfläche angelegtes elektrisches Feld zu beeinflussen („Feldeffekt“). Beides ist bei Silizium auch dann möglich, wenn die Oberfläche an einen Elektrolyten grenzt. Dabei werden unter Umständen alle Änderungen der zwischen dem Silizium und einer in den Elektrolyten eingetauchten Normalelektrode gemessenen Spannung vollständig von der Raumladungsrandschicht des Siliziums übernommen. Diese Änderungen können nicht nur durch eine von außen angelegte Spannung erzeugt werden, sondern auch durch Änderungen der Zusammensetzung des Elektrolyten.

D. POLDER (Philips Research Laboratories Eindhoven) u. H.-U. HARTEN (Philips Zentrallabor., Hamburg): *Über den Einfluß einer Raumladungsrandschicht auf die Oberflächenrekombination.* (Vorgetr. von D. Polder)

In einer Verarmungsrandschicht herrscht ein elektrisches Feld, das Minoritätsträger zur Oberfläche zieht und Majoritätsträger von ihr fernhält. Das gilt insbesondere auch für überschüssige Trägerpaare, die an der Oberfläche rekombinieren wollen; die Minoritätsträger verschwinden praktisch bereits am Randschichttrand. Für ein Meßverfahren, das nur auf Minoritätsträger anspricht, findet deshalb die Oberflächenrekombination scheinbar am Randschichttrand statt. Dieser Sachverhalt konnte experimentell bei Silizium bestätigt werden.

F. W. DORN (Philips Zentrallabor., Hamburg): *Zur Beteiligung von Valenz- und Leitbandelektronen des Germaniums an elektrochemischen Reaktionen.*

Bei elektrochemischen Prozessen an Halbleitern können sowohl Elektroden als auch Löcher den als Ionenstrom an der Phasengrenze Halbleiter/Elektrolyt ankommenden Strom übernehmen. Der Anteil der Elektronen bzw. Löcher am Gesamtstrom hängt u. a. von der Stromdichte und von der Zusammensetzung des Elektrolyten ab. Es wird ein Verfahren zur Messung des Stromverteilungskoeffizienten $v = \text{Löcherstrom/Gesamtstrom}$ beschrieben. Am System Germanium/NaOH + $K_3Fe(Cn)_6$ erhaltene Ergebnisse zeigen, daß die elektrochemische Reduktion des Oxydationsmittels praktisch nur über das Valenzband verläuft.

P. GERTHSEN (Philips Zentrallab., Aachen): *Anwendung des Lichtbogens zum Zonenschmelzen von Oxyden.*

Die elektrische Bogenentladung kann zum tiegelfreien Zonenschmelzen von Stoffen hoher Schmelztemperatur unter gewissen Voraussetzungen verwendet werden, indem das Schmelzgut als Bogenelektrode dient. Als Heizquelle wirkt hier in erster Linie die im Anodenfall bzw. Kathodenfall umgesetzte Energie. Das Verfahren ist auch auf Isolatoren anwendbar, wenn nur die Schmelze eine ausreichende elektrische Leitfähigkeit hat. Die Möglichkeit zur Zündung und Stabilisierung des Bogens wurde diskutiert.

Vormittag

Zusammenfassende Vorträge

G. M. SCHWAB (München): *Katalyse an Halbleiteroberflächen.*

F. HUND (Göttingen): *Energiebänder und Eigenschaften der Metalle.*

Die elektronischen Eigenschaften eines Metalls kann man weitgehend in der Funktion $E(k)$, Energie einzelner Elektronen als Funktion der Wellenzahl k , zusammenfassen. — Empirische Aussagen über $E(k)$ liefern die Schwankungen der magnetischen Suszeptibilität bei tiefen Temperaturen. Die theoretische Behandlung enthält aber noch nicht ganz gelöste Fragen, die mit dem (Peierlsschen) Begriff des Elektrons im Gitter und Magnetfeld zusammenhängen. — Der elektrische Widerstand mißt zwar bei den meisten Stoffen die elastischen und nicht die elektronischen Eigenschaften; aber in besonderen Fällen hängt er mit $E(k)$ zusammen. Die magnetische Widerstandsänderung hängt aber wieder empfindlich von $E(k)$ ab.

G. LEIBFRIED (Inst. f. phys. Grundlagen der Reaktorwerkstoffe, Aachen): *Fokussierungsstöße in Kristallen.*

H. D. DIETZE u. E. BALTHERSEN (Inst. f. Reaktorwerkstoffe d. Kernforschungsanlage Jülich): *Die magnetische Hochtemperatur-Nachwirkung in Eisen-Silizium unter gleichzeitiger Neutronenbestrahlung.* (Vorgetr. von H. D. Dietze)

Die magnetische Nachwirkung in Eisen-Silizium-Legierungen oberhalb 350 °C ist in einer früheren Arbeit durch die Diffusion von Gitterlücken in die Blochwände gedeutet worden. Man kann durch diese Nachwirkung Auskünfte über die Diffusion und Erzeugung von Gitterlücken erhalten. Führt man die Messungen unter gleichzeitiger Bestrahlung mit Neutronen durch, so werden neben den thermodynamischen Leerstellen durch die Bestrahlung zusätzlich Leerstellen erzeugt. Die Experimente ergaben, daß die Selbstdiffusionskonstante unterhalb einer bestimmten Temperatur unabhängig von der Temperatur ist und oberhalb dieser Temperatur den normalen Temperaturgang hat. Dieses Verhalten läßt sich mit einer Theorie von Lomer deuten.

Nachmittag

Fachausschuß Metallphysik

Einzelvorträge

H. KRONMÜLLER, A. SEEGER, P. SCHILLER und H. JÄGER (Inst. f. theor. und angew. Physik d. TH Stuttgart und MPI f. Metallf., Stuttgart): *Anwendung der ferromagnetischen Desakkomodation zum Studium anisotroper Fehlstellen in Nickel.* (Vorgetr. von P. Schiller)

Bei plastisch verformtem, neutronenbestrahltem und abgeschrecktem Nickel wurde die Zeitabhängigkeit der Anfangspermeabilität nach der Entmagnetisierung in einer Wechselstrombrücke gemessen. Die durch Verformung, Bestrahlung oder Abschrecken erzeugten Fehlstellen gaben zu Relaxationserscheinungen Anlaß. Dies wird auf das anisotrope Verhalten der erzeugten Fehlstellen und ihre dadurch bedingten Vorzugsorientierungen in Bezug auf die Magnetisierung innerhalb der Weißschen Bezirke bzw. der Blochwände zurückgeführt. Als anisotrope Fehlstellen kommen Doppelleerstellen, Leerstellenkomplexe und Zwischengitteratome in Frage. Die Relaxa-

tion der Zwischengitteratome ließ sich durch ein exponentielles Zeitgesetz beschreiben. Die Zwischengitteratome verhalten sich deswegen anisotrop, weil sie nicht in der Mitte des Elementarwürfels sitzen, sondern zusammen mit einem nächsten Nachbaratom längs der Würfelkante eine Hantel bilden, wodurch eine der $\langle 100 \rangle$ -Richtungen vor den beiden andern ausgezeichnet ist. Aus der Temperaturabhängigkeit der Relaxationszeit ergab sich eine Aktivierungsenergie von $Q = 0,81$ eV, welche der Drehung der Zwischengitterhantel zugeschrieben wird. Die Aktivierungsenergie W für die Wanderung des Zwischengitteratoms wurde aus Anlaßexperimenten nach dem Verfahren von Meehan und Brinkman bestimmt und ergab $W = 1,02$ eV. Das Zwischengitteratom in Nickel unterscheidet sich in qualitativer Hinsicht dadurch von anderen anisotropen Fehlstellen, wie C-Atome in α -Fe und Doppelleerstellen in Nickel, daß im ersten Falle Wanderungs- und Relaxationsprozeß verschieden, in den beiden letztgenannten Fällen jedoch gleich sind. Dies äußert sich in der Existenz eines „Schwanzes“ der Desakkomodationskurven mit gleicher Wanderungs- und Relaxationsenergie.

K. DETERT und J. STÄNDER (Inst. f. Metallkunde, TU Berlin): *Die Bildung und Ausheilung von Leerstellen in Reinstaluminium.* (Vorgetr. von K. Detert)

Mit Hilfe resistometrischer und dilatometrischer Messungen wurden die Bildungsenergie und Entropie von Leerstellen in Aluminium bestimmt und die Kinetik der Ausheilung von überschüssigen Leerstellen verfolgt. Die Kinetik der Ausheilvorgänge wurde diskutiert.

H. BROSS und W. HÄCKER (Inst. f. theor. und angew. Physik d. TH Stuttgart und MPI f. Metallf. Stuttgart): *Berechnung der Thermokraft von Kupfer.* (Vorgetr. von H. Bross)

Alle seitherigen Versuche zur Erklärung des positiven Vorzeichens der Thermokraft der Edelmetalle sind unbefriedigend. Unter Verwendung eines aus atomaren Kopplungskonstanten berechneten Schwingungsspektrums, das sich schon bei der Berechnung des elektrischen Widerstandes bewährt hat, haben wir versucht, die Thermokraft von Cu zu berechnen. Die Leitungselektronen wurden dabei nicht als quasifrei behandelt, sondern es wurde angenommen, daß die Einelektronenenergie eine beliebige Funktion vom Betrage des Ausbreitungsvektors ist. Zur Lösung der Transportgleichung wurde das Variationsverfahren verwendet, wobei durch Berücksichtigung der Kristallsymmetrie die Zahl der frei wählbaren Funktionen wesentlich verringert werden kann.

Die numerische Rechnung zeigt, daß die Thermokraft von dem Ausdruck $d^2k^2/d^2\epsilon$, etwa linear abhängig ist, und daß durch passende Wahl dieses Ausdruckes eine gute Übereinstimmung mit dem Experiment erzielt werden kann. Der auf diese Weise erhaltene Wert für $d^2k^2/d^2\epsilon$ stimmt gut mit jenem Wert überein, den man aus der Näherung stark gebundener Elektronen und der spezifischen Wärme der Leitungselektronen bekommen kann.

H. ALEXANDER, P. HAASEN und E. PEISSKER (Inst. f. Metallkunde, Göttingen): *Plastische Verformung von Germanium und Indium-Antimonid.* (Vorgetr. von H. Alexander)

Germanium-Einkristalle geeigneter Orientierung wurden im Zug bei Temperaturen zwischen 470 und 800 °C mit verschiedenen Dehnungsgeschwindigkeiten verformt. Das plastische Verhalten zeigte starke Ähnlichkeiten und Unterschiede zu dem kubisch-flächenzentrierter Metalle, die im Rahmen der Versetzungstheorie gedeutet werden können. An InSb wurde die vorausgesagte Anisotropie des plastischen Fließens bei Biegung in verschiedenen Richtungen zwischen 280 und 450 °C gefunden.

A. SEEGER, H. KRONMÜLLER, S. MADER und H. TRÄUBLE (Inst. f. theor. und angew. Physik d. TH Stuttgart und MPI f. Metallf. Stuttgart): *Die Verfestigung kubisch-flächenzentrierter und hexagonaler Metalle im sog. easy-glide Bereich der Verfestigungskurve.* (Vorgetr. von H. Kronmüller)

Elektronenmikroskopische Aufnahmen des Gleitlinienbildes plastisch verformter Cu- und NiCo-20-Einkristalle zeigen, daß die Zahl der bestätigten Versetzungsquellen, sowie die Laufwege der Versetzungen im Bereich I unabhängig vom Verformungsgrad sind. Dieses Ergebnis gilt auch für die Tieftemperaturverfestigung des hexagonalen Zinks. Auf Grund der experimentellen Ergebnisse wurde eine Theorie der Verfestigung im Bereich I entwickelt, die der statistischen Verteilung der Quellen und der von ihnen abgespaltenen Versetzungen auf parallelen Gleitebenen Rechnung trägt. Für die Verfestigungen erweisen sich die weitreichenden Spannungsfelder zwischen einzelnen Versetzungen als maßgebend. Diese Tatsache wird auch durch magnetische Messungen im Bereich der Einmündung in die ferromagnetische Sättigung bei NiCo-20-Einkristallen bestätigt. Der Vergleich zwischen theoretisch berechnetem Verfestigungsanstieg und den gemessenen Werten liefert im Rahmen der durch Auswerteverfahren der elektronenmikroskopischen Bilder bedingten Fehlerquellen befriedigende Ergebnisse.

R. M. STERN, A. V. GRANATO und K. LÜCKE (Inst. f. allg. Metallkunde und Metallphysik, TH Aachen): *Einfluß der plastischen Verformung auf die durch Versetzungsresonanz verursachte Dämpfung.*

W. IN DER SCHMITTEN (Nukem, Hanau) und P. HAASEN (Inst. f. Metallphysik, Göttingen): *Versetzungszählungen an verformten NaCl-Kristallen.* (Vorgetr. von P. Haasen)

Gespaltene Kochsalzkristalle wurden bei Raumtemperatur im einachsigen Druck stufenweise verformt und die Ätzgruben auf der Querschnittsfläche als Funktion der Fließspannung gezählt. Danach nimmt die Dichte der Schraubenversetzungen N mit der Schubspannung σ zu wie: $\sigma = A \sqrt{N}$, $A = 14,4 \cdot 10^{-3}$ kp/cm. Ein solcher Zusammenhang ist theoretisch zu erwarten, wenn sich Kochsalz durch die elastische Wechselwirkung liegendegebliebener Versetzungen verfestigt, wie es bisher schon für Metalle angenommen wurde. Eine von Johnston und Gilman [J. appl. Phys. 30, 129 (1959)] an LiF gefundene lineare Beziehung ist offenbar nicht typisch für reine Kristalle.

R. SIEMS (Inst. f. Reaktorwerkstoffe der Kernforschungsanlage Jülich): *Versetzungsknoten in Graphit.*

Die energetisch günstigste Gestalt von Versetzungsknoten in der Basisenebene von Graphitkristallen wurde berechnet. Dabei wurde neben der Linienenergie der Versetzungen und der Stapelfehlerenergie auch die Wechselwirkungsenergie der Versetzungen berücksichtigt. Die Ergebnisse wurden mit den elektronen-mikroskopischen Beobachtungen an dünnen Graphitblättchen verglichen.

Aus einer nach diesen Überlegungen erfolgenden Auswertung elektronenmikroskopischer Aufnahmen ergibt sich die Stapelfehlerenergie und unter Umständen auch die Linienenergie.

V. GEROLD und F. MEIER (Max-Planck-Inst. f. Metallforsch. Stuttgart): *Die Erzeugung von Versetzungen in nahezu idealen Germanium-Kristallen.* (Vorgetr. von V. Gerold)

Mit Hilfe eines röntgenographischen Durchstrahlungsverfahrens wurden Versetzungen in nahezu idealen Ge-Kristallen im Maßstab 1 : 1 auf einer photographischen Platte abgebildet. Kristallplättchen mit 300 bis 500 Linien/cm² und einer Größe von etwa 20×6×1 mm³ wurden schwachen Druckbelastun-

gen (Schubspannung im Gleitsystem 4 bis 20 g/mm²) bei Temperaturen zwischen 650 und 750 °C unterworfen. Bei den ersten Versuchen war die Proben temperatur konstant. Die Versetzungen wurden von Quellen erzeugt, die an den Druckstellen der Probe lagen. Über mehrere Gleitsysteme gelangten die Versetzungen in die Mittelzone des Kristalls. Um die Erzeugung der Versetzungen an den Druckstellen zu vermeiden, wurde nur die Mittelzone der Probe auf einer Länge von ca. 7 mm aufgeheizt. In diesem Fall entstanden die Versetzungen vorzugsweise an den Kristallkanten in der Heizzone. Es wurden auch Versetzungsquellen auf der ebenen Oberfläche der Kristalle beobachtet. Einflüsse von Temperaturspannungen und Oberflächenverletzungen wurden diskutiert.

R. J. HARTMANN und E. MACHERAUCH (Inst. f. Metallphysik am MPI f. Metallforsch., Stuttgart): *Gleitvorgänge in Aluminiumvielkristallen*. (Vorgetr. von R. J. Hartmann)

Es wurde über kombinierte röntgenographische, licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Vielkristallproben aus reinstem Aluminium berichtet. Bei Proben mit mittleren Kristallitdurchmessern zwischen 0,1 und 0,5 mm wurden neben Oktaederebenen solche vom Typ [100], [110], [113] und [133] als Gleitebenen gefunden. Bei Kristalliten mit mittleren Durchmessern größer als 0,5 mm wurde keine Nichtoktaedergleitung beobachtet. Die festgestellte relative Häufigkeit der Nichtoktaederebenen scheint in engem Zusammenhang mit dem Verhältnis von Versetzungsstärke zu Gleitebenenabstand zu stehen.

Fachausschuß Halbleiter

F. LAPPE (Laboratories RCA Ltd., Zürich): *Zur Photoleitung in gelbem Blei-Monoxyd angeregt durch Röntgenstrahlen*.

Einkristalle von PbO wurden mit Cu-K α -Strahlung zur Photoleitung angeregt. Durch Vergleich der mit Röntgenstrahlung angeregten Photoströme mit Photoströmen infolge von Lichtbestrahlung wurde die Energie, die ein Röntgenquant im Mittel zur Erzeugung eines Elektron-Lochpaares benötigt, zu 8 eV bestimmt.

M. CARDONA (Laboratories RCA Ltd., Zürich): *Reflexionsvermögen von Halbleitern mit Diamant- und Zinkblendestruktur*.

Es wurde über das Reflexionsvermögen von Halbleitern der vierten Gruppen und der III—V und II—VI Verbindungen mit Zinkblendestruktur berichtet. Das Reflexionsspektrum dieser Halbleiter zeigt im Eigenabsorptionsbereich zwei Maxima. Das Maximum größerer Wellenlänge kann im allgemeinen in zwei Komponenten aufgelöst werden. Die Energie dieses Maximums entspricht dem Abstand zwischen Valenz- und Leitungsband am Rande der Brillouin-Zone in [111] Richtung. Die Energieaufspaltung des Dubletts entspricht der Spin-Bahn-Aufspaltung des Valenzbandes im gleichen Punkt des k-Raumes.

W. FRANZ und H.-R. THAKE (Hamburg): *Berechnung der Verteilungsfunktion und Beweglichkeit von n-Germanium in hohen elektrischen Feldern*. (Vorgetr. von H.-R. Thake)

Für Feldstärken von 0,1 bis 4 kV/cm wurde die Verteilungsfunktion der Elektronen durch iterative Quadraturen [W. Franz, Z. Naturforsch. 15a, 366 (1960)] bestimmt. Die Rechnung wurde auf dem Digitalrechner Z 22 der Univ. Münster durchgeführt. Für Felder über 0,5 kV/cm erstreckt sich die Verteilung in Gebiete des Wellenzahlraums, in welchen der effektive Massen-Tensor nicht mehr konstant ist; dem wurde dadurch Rechnung getragen, daß

dem in den Tälern gültigen Massentensor ein Faktor hinzugefügt wurde, welcher die effektive Masse bei höherer Energie in geeigneter Weise anwachsen läßt.

J. VAN CALKER (Phys. Inst. d. Univ. Münster, Westf.): *Über die photoelektrische Formierung von Schwefel-Elektreten.*

Im Anschluß an ältere Untersuchungen von *Nadjakoff* wurden die lichtelektrischen Eigenschaften von Schwefel im Hinblick auf die Möglichkeit, sogen. Photoelektrete herzustellen, untersucht. Messungen an Schwefelproben verschiedener Herkunft mit unterschiedlichem Reinheitsgrad und Kristallisationszustand zeigen beträchtliche Unterschiede hinsichtlich des Verlustwinkels. Bei lichtelektrischer Erregung von Schwefel im elektrischen Feld gelingt es, in diesem Ladungen zu speichern, die sich im Dunkeln über längere Zeit halten und dem so formierten Schwefel typischen Elektretcharakter geben. Das Polarisations- und Depolarisationsverhalten wurde im Zusammenhang mit dem Formierungsmechanismus anderer Elektretmaterialien behandelt.

P. GERTHSEN, K. H. HÄRDTL und **J. SCHRÖDER** (Philips Zentrallaboratorium Aachen): *Elektrische Messungen an LaCoO_3 .* (Vorgetr. von K. H. Härdtl)

An Proben von $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ($x = 0$ bis $0,2$) und $\text{La}_{1-y}\text{Th}_y\text{CoO}_3$ ($y = 0$ bis $0,05$) wurden Thermokraft und Leitfähigkeit zwischen 100°K und 1400°K gemessen. Die Ergebnisse dieser Messungen wurden am Modell des Valenzhalbleiters gedeutet. Während bei Sr-Zugabe die Thermokraft bei Zimmertemperatur stets positiv ist, findet man bei Th-Zugabe negative Thermokräfte. Ein starker Anstieg der Leitfähigkeit und ein damit gekoppelter Abfall der Thermokraft bei 200°C lassen sich durch den Übergang von Störstellen- zu Eigenleitung erklären. Die Eigenleitung wird durch Dissoziation von 2Co^{3+} -Ionen in ein $\text{Co}^{2+}\text{Co}^{4+}$ -Ionenpaar gedeutet und die Dissoziationsenergie zu $0,35\text{ eV}$ berechnet. Orientierende Halleffektmessungen bestätigten diese Vorstellungen.

K. J. SCHMIDT-TIEDEMANN (Philips Zentrallaboratorium Hamburg): *Spannungsoptische Konstanten von Germanium.*

Die spannungsoptischen Konstanten von undotiertem Germanium wurden für Zugspannungen in $\langle 100 \rangle$ -Richtung (Q_1) und $\langle 111 \rangle$ -Richtung (Q_2) bei einer Wellenlänge von $2,2\text{ }\mu$ gemessen. Daraus lassen sich die spannungsoptischen Konstanten für beliebige Spannungsrichtungen berechnen. Die für die Zugrichtung $\langle 110 \rangle$, $\langle 130 \rangle$, $\langle 113 \rangle$ und $\langle 311 \rangle$ berechneten Werte konnten experimentell bestätigt werden. Die außerordentlich große spannungsoptische Anisotropie ($Q_2/Q_1 = 9$) kann bisher nicht gedeutet werden.

R. GROTH und **E. KAUER** (Philips Zentrallaboratorium Aachen): *Optische Absorption in $\alpha\text{-SiC}$ bei hohen Temperaturen.* (Vorgetr. von R. Groth)

Die durch freie Träger in $\alpha\text{-SiC}$ bedingte Ultrarotabsorption wurde im Wellenlängengebiet zwischen 1 und $4\text{ }\mu$ bis zu Temperaturen von 1800°K untersucht. Die Isochromaten in der Darstellung \log Absorptionskoeffizient $= (1/T)$ bestehen aus zwei geraden Teilen, aus welchen im Hochtemperaturbereich die Aktivierungsenergien der Eigenleitung und im Tieftemperaturbereich die der Störleitung ermittelt werden kann.

Die Wellenabhängigkeit der Absorption ist schwächer als unter Annahme von thermischer Gitterstreuung theoretisch zu erwarten wäre. Möglichkeiten für das Auftreten dieser Diskrepanz wurden diskutiert. Ferner wurde die Temperaturabhängigkeit der Bandkante bis zu Temperaturen von 1800°K gemessen.

H. GUTJAHR und F. MATOSSÌ (Inst. f. Elektrowerkstoffe, Freiburg i. Br.): *Elektrophotolumineszenz in Abhängigkeit von Anregungswellenlänge und Feldimpulsbreite.*

Durch ein elektrisches Feld wurden in einem UV-erregten ZnCdS(Ag)-Phosphor Lumineszenzblitze erzeugt. Diese sind je nach der Dauer des Feldimpulses, der erregenden Wellenlänge oder der Polarität der bestrahlten Elektrode positiv oder negativ. Sie verschwinden bei einer kritischen Feldimpulsdauer. Bei periodischer Feldanlegung wechseln die Leuchtwellen ihre Phase bei einer mit der kritischen Feldimpulsdauer zusammenhängenden kritischen Zeit. Die Interpretation dieser Beobachtungen beruht auf der Annahme von Oberflächenhaftstellen, die allmählich aufgefüllt werden. Dieser Vorgang wird durch die räumliche Verteilung der Elektronen und Löcher kontrolliert und von der des elektrischen Feldes. Diese hängt ihrerseits von der erregenden Wellenlänge und deren Absorption ab. Die „kritische Zeit“ ist die Zeit, die zur vollständigen Auffüllung der Oberflächen-Haftstellen gebraucht wird.

E. SIRTIL (Forschungslab. der Siemens & Halske AG, München 8): *Das spektrale Absorptionsvermögen von Silizium bei höheren Temperaturen.*

Das Emissions- bzw. Absorptionsvermögen von hochreinem Silizium für $\lambda = 6500 \text{ \AA}$ wird zum Zwecke genauer pyrometrischer Temperaturmessung bestimmt. Es wurden Messungen an polykristallinem, einkristallinem und geschmolzenem Silizium in reduzierender Atmosphäre beschrieben und die Abhängigkeit der erhaltenen Werte von der Oberflächenbeschaffenheit der Proben und von der Temperatur diskutiert.

WOLFGANG RUPPEL (Laboratories RCA Ltd., Zürich): *Injektion und Extraktion von Elektronen in CdS-Einkristallen.*

Das durchschlagartige Anwachsen der Leitfähigkeit in CdS-Einkristallen bei einer kritischen Feldstärke läßt sich im Prinzip entweder durch raumladungsbegrenzte Elektroneninjektion von der Kathode oder durch Extraktion von Elektronen aus Haftstellen erklären. Eine Unterscheidung beider Mechanismen läßt sich durch die Bestimmung der gesamten Aufladung des Kristalls treffen, die im ersten Fall negativ, im zweiten Fall positiv zu erwarten ist. Es wurde anhand von Messungen dieser Aufladung gezeigt, wie die Bereiche von Injektion und Extraktion als Funktion von Feldstärke und Lichtenregung abgegrenzt und verstanden werden können.

FREITAG, DER 14. APRIL 1961

Vormittag

Fachausschuß Halbleiter

Zusammenfassende Vorträge

H. BITTEL (Münster): *Grundsätzliches über das Problem des Rauschens.*

K. SEILER (Freiburg): *Das Rauschen in Halbleitern.*

L. REIMER, J. FICKER und TH. PIEPER (Phys. Inst. d. Univ. Münster): *Elektronenoptische Untersuchung der Kristallbaufehler in elektrolytischen Nickelschichten auf Kupfer-Einkristallunterlagen.* (Vorgetr. von L. Reimer)

Die Struktur elektrolytisch niedergeschlagener Nickelschichten auf elektrolytisch polierten Kupfer-Einkristallflächen verschiedener Orientierung ist im elektronenmikroskopischen Hellfeld, im Beugungsbild und im Lichte der Einzelreflexe untersucht. Es können Versetzungen, Stapelfehler und Zwillingslamellen beobachtet werden, deren Ausbildung und Häufigkeit von der Orientierung der Unterlage charakteristisch abhängen. Es wurden einige spezielle Bildkontraste bei der Abbildung dieser Kristallbaufehler näher diskutiert.

H.-G. GREWE (Phys. Inst. d. Univ. Münster): *Verfestigungsmessungen und elektronenmikroskopische Untersuchungen an vielkristallinem Kupfer bei extrem hohen Verformungsgraden.*

Bei der Torsion von zylindrischen Stäben lassen sich an der Oberfläche sehr große plastische Scherungen bis ca. $\gamma_a = 9$ herstellen. (γ_a = plastische Scherung an der Oberfläche.) Die Verfestigung erreicht einen Grenzwert, der bei Zimmertemperatur ca. 25 kp/mm² beträgt. Es wurde über Temperaturwechselversuche berichtet, bei denen diese Tatsache besonders deutlich wird. Elektronenmikroskopische Untersuchungen ergaben, daß ab ca. $\gamma_a = 3$ eine starke Kornzerkleinerung einsetzt, die aber zu einer konstanten mittleren Korngröße führt, die sich bei weiterer Verformung nicht mehr ändert.

P. DERNER (Phys. Inst. d. Univ. Münster): *Elektronenmikroskopische Untersuchungen an vielkristallinem Kupfer unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Korngrenzen auf die Verfestigung.*

Nach dem Oberflächenabdruckverfahren findet man im Innern des einzelnen Kornes dieselben Erscheinungen wie an Einkristallen. Allerdings wird häufiger mehr als ein Gleitsystem beobachtet. Auch setzt die Bildung von Gleitlinienbändern in manchen Kristalliten schon bei kleineren Verformungen als beim Einkristall ein. Bereits bei sehr kleinen Verformungen (unter 0,0 %) werden beträchtliche Abgleitungen in den Korngrenzen beobachtet, und zwar sowohl bei Zimmertemperatur als auch bei -195°C . Diese Erscheinung wurde im Zusammenhang mit dem Verfestigungsverhalten vielkristalliner Proben diskutiert.

H. BETHGE (Halle/S.): *Zur elektronenmikroskopischen Beobachtung elementarer Gleitlinien.*

Unter elementaren Gleitlinien sollen Gleitstufen auf Kristallen verstanden werden, die durch einzelne Versetzungen hervorgerufen sind. Solche Gleitlinien haben eine Höhe atomarer Größe; ihre elektronenmikroskopische Abbildung gelingt auf NaCl-Kristalle durch die Methode der Golddekoration. Eine meßbare Aussage zur Höhe der Gleitlinien kann gegeben werden durch die Diskussion der Strukturen, die bei einer Wechselwirkung der Gleitlinien mit Lamellenstrukturen während des Wachstumsvorganges entstehen. Aus diesen Strukturen sind auch Angaben über den relativen zeitlichen Ablauf benachbarter Gleitvorgänge möglich.

F. BELL und O. KRISEMENT: *Gespeicherte Energie in kaltverformtem Nickel.* (Vorgetr. von O. Krisement)

Die gespeicherte Energie von kaltverformtem polykristallinem Reinnickel wird oberhalb Raumtemperatur im wesentlichen in zwei Stufen wieder abgegeben. Im Gebiet von 20 bis 300 °C heilen punktförmige Gitterfehler aus; oberhalb 300 °C rekristallisieren die verformten Kristalle. Kalorimetrische Messungen liefern außer den gespeicherten Energieanteilen das Zeitgesetz der Ausscheidung von Punktfehlern. Weiter lassen sich aus den Messungen die Aktivierungsenergien für die Wanderung der Punktfehler und die Aktivierungsenergie für die Temperaturabhängigkeit der Rekristallisation ermitteln und Versetzungs- und Punktfehlerkonzentrationen abschätzen.

Nachmittag

B. ILSCHNER (Friedrich Krupp Zentralforschung, Essen): *Zur Kinetik von Ausscheidungen in festen Zustand bei niedrigen Temperaturen (kleinen Diffusionswegen).*

Einleitende Hinweise auf neuere experimentelle und theoretische Arbeiten — Veranschaulichung durch Zahlenwerte — Abgrenzung der Fälle, in denen die Umwandlung durch eingefrorene Leerstellen unmittelbar beeinflußt werden kann — Grenzen der Anwendbarkeit normaler Diffusionsgesetze bei sehr kleinen Diffusionswegen — Ausscheidung als „random-walk“-Problem — ein logarithmisches Zeitgesetz und die daraus folgende Temperaturabhängigkeit.

H. SCHOLL und W. KNORR (Friedrich Krupp Zentralforschung, Essen): *Experimentelle Untersuchungen zur Umwandlungskinetik von Titan-Vanadium-Legierungen.* (Vorgetr. von H. Scholl)

Im System TiV wird nach Abschrecken aus der Hochtemperatur-Phase (β) bei V-Konzentrationen $> 15\%$ nach isothermer Auslagerung zwischen 300 und 400 °C die Ausscheidung einer neuen Phase (GG-Phase) gefunden. Dem Vorgang läuft bei noch tieferen Temperaturen (zwischen ca. 150 und 300°) eine Vorstufe voraus. Für die Kinetik der Vorstufe und der Ausscheidung konnte durch Messungen des Elastizitätsmoduls und der Dämpfung bei isothermer Auslagerung ein logarithmisches Zeitgesetz bestimmt werden. Die aus den Messungen gewonnenen Werte der Aktivierungsenergie für den Vorgang sowie der Differenz der freien Energien zwischen alter und neuer Phase sind gerade von der Größenordnung, bei der nach B. Ilschner ein logarithmisches Zeitgesetz zu erwarten ist.

W. KÖSTER, W. GMÖHLING und D. HAGMANN (MPI f. Metallforsch. Stuttgart): *Hallkonstante und Widerstand von Palladium- und Nickel-Legierungen.*

Es wurden Hallkonstante und elektrischer Widerstand von Palladium- und Nickel-Legierungen mit geringen Zusätzen zweiter Elemente gemessen. Es wurden hauptsächlich Elemente zulegiert, die jeweils in derselben Reihe des Periodischen Systems stehen. Bei den ferromagnetischen Legierungen des Nickels wurde die ordentliche und die außerordentliche Hallkonstante bestimmt. Die Messungen ergeben, daß Widerstand und Hallkonstante linear von der Konzentration und der Wertigkeit der Zusatzatome abhängen. Abweichungen von dieser Regel wurden diskutiert.

D. BIALAS, R. HOSEMAN, H. D. HAHLEBOHM, A. KUSSMANN und H. WOLLENBERGER (Fritz-Haber-Inst. d. MPG Berlin-Dahlem und PBT, Berlin): *Analyse der Überstruktur in Neusilber-Legierungen*. (Vorgetr. von D. Bialas)

Röntgenographische Messungen in einer Präzisions-Guinier-Jagodzinski-Kammer wurden an besonders lang dauernd angelassenen Neusilber-Legierungen durchgeführt. Aufgrund relativer Intensitätsmessungen kann zwischen verschiedenen Strukturmodellen unterschieden werden.

A. KUSSMANN und H. WOLLENBERGER (PTB, Berlin): *Der Einfluß von Wärmebehandlungen auf den Superparamagnetismus und die Atomverteilung in Kupfer-Nickel-Legierungen*. (Vorgetr. von H. Wollenberger)

Der Paramagnetismus der Kupfer-Nickel-Legierungen mit mehr als 30 Atomprozent Nickelgehalt befolgt das Curie-Weiß-Gesetz mit anormal hohen Curiekonstanten, die sich nur durch Superparamagnetismus befriedigend erklären lassen. Zusammen mit den Ergebnissen anderer Untersuchungen deutet dieses Verhalten auf die Bildung nickelreicher Zonen im Mischkristall hin.

Die in der Literatur angegebenen magnetischen Eigenschaftswerte finden sich nur bei relativ schnell von oberhalb 350 bis 400 °C abgekühlten Legierungen. Bei langdauerndem Anlassen unterhalb 350 °C beobachtet man dagegen Curietemperatur-Erhöhungen und starke Zunahme des Paramagnetismus. Das Maximum der relativen Änderung der Raumtemperatur-Suszeptibilität liegt bei einem Ni-Gehalt von 62 Atomprozent.

Die gemessenen Zunahmen der Suszeptibilitäten und Curietemperaturen werden durch Vergrößerung der nickelreichen Zonen gedeutet und deren Volumenzunahme abgeschätzt. Die gefundene Konzentrationsabhängigkeit der Eigenschaftsänderungen stützt diese Deutung. Ein Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit den von Ryan, Pugh und Smoluchowski nach Neutronenbestrahlung erhaltenen führt zu neuen Folgerungen über den Strahleneinfluß auf den Entmischungsvorgang in diesen Legierungen.

W. PITTSCH (MPI f. Eisenforschung, Düsseldorf): *Die Morphologie der Eisenitrid-Ausscheidung im Ferrit*.

Es sind elektronenmikroskopisch der Orientierungszusammenhang, die Habitusebene und eine innere Lamellenstruktur bei der Ausscheidung des kubisch flächenzentrierten Nitrids Fe_4N bestimmt worden. Die gefundenen kristallographischen Eigenschaften lassen sich vollständig erklären durch eine Anwendung der phänomenologischen Theorie martensitischer Umwandlungen auf diesen Fall einer diffusionsgesteuerten Ausscheidung.

H. v. HEIMENDAHL (Inst. f. Metallkunde der Bergakademie Clausthal): *Röntgenuntersuchungen an verformtem Kupfer und Aluminium*.

Aus den Halbwertsbreiten der mit einem Szintillationszähler-Goniometer gemessenen Röntgeninterferenzen (Kupferstrahlung) von verschieden stark gereckten und gewalzten Cu- und Al-Proben werden deren Gitterverzerrungen und die sog. Teilchengröße bestimmt. Die Instrumentaleinflüsse lassen sich rechnerisch nach Kochendörfer korrigieren, die Trennung von Verzerrungen und Teilcheneinfluß wird sowohl für den Fall linearer wie quadratischer Additivität der beiden Einflüsse vorgenommen. Die Gitterverzerrungen liegen zwischen 0,2 und 2,1 % (Meßgenauigkeit 10 %, eine Verbreiterung durch Teilchenkleinheit ist in vorliegenden Fällen praktisch nicht vorhanden). — Die Ergebnisse wurden hinsichtlich der elastischen Anisotropie des Cu und der elastischen Isotropie des Al diskutiert (Verzerrungen in [111]- und [200]-Richtung), ferner wurde der Einfluß des linearen bzw. quadratischen Ansatzes betrachtet.

E. ROEDER (Philips Zentrallaboratorium Aachen): *Walz- und Rekristallisationstexturen von dünnem Wolframblech mit und ohne Zusatz.*

Die Orientierungsverteilung in kalt gewalzten Folien von 27 μ Dicke, gekennzeichnet durch die (001) [110]-Lage mit einer Schwankung von etwa $\pm 30^\circ$ um die Walzrichtung als Drehachse (Intensitätsabfall auf 70 %), wird durch die hier verwendeten Zusätze (insbesondere Verbindungen der Oxyde von Kalium, Silizium und Aluminium) nicht beeinflusst. Auch das zugehörige Gefüge ist bei beiden Materialien im wesentlichen gleich. Dagegen bewirken die Beimengungen neben einer geringen Erhöhung der Rekristallisationstemperatur jedoch einen deutlichen Unterschied in der Kornform und -größe des sekundär rekristallisierten Gefüges. Als Sekundär-Rekristallisationstextur nach einem Verformungsgrad von rd. 97 % wurde für beide Materialien die (001) [320]- und (001) [230]-Lage gefunden. Diese bleibt bis 2500 °C erhalten. Die Texturen wurden röntgenographisch ermittelt und durch Polfiguren dargestellt.

H. LANGE und K. H. SCHMIDT (Inst. f. theor. Physik, Köln): *Ein Beitrag zur Untersuchung der geometrischen Optik bei Röntgen-Texturgoniometern.* (Vorgetr. von K. H. Schmidt)

Eine zuverlässige Aussage über eine in einem polykristallinen Material vorhandene Textur ist nur dann möglich, wenn bei der Messung genügend Kristallite erfaßt werden. Führt man die Bestimmung mit Hilfe eines Röntgen-Texturgoniometers durch, so wird ein relativ großes Beugungsvolumen erhalten, wenn die Probe im Primärstrahl pendelt und das Lichtbündel in horizontaler Richtung divergent ist.

Es wurden nun für die verschiedensten Divergenzbedingungen die Strahlenquerschnitte auf der Probe errechnet und mit dem von H. Neff beschriebenen Goniometer experimentell bestätigt.

Eine genaue Analyse des gebeugten Strahlenganges wurde durchgeführt, als deren Ergebnis die Interferenzlinienbreite in der Zählrohebene erhalten wird. Diese gestattet die optimale Blenden- und Zählroheinstellung bei der Texturaufnahme. Auch dieses Ergebnis wurde durch das Experiment bestätigt.

Vormittag

Einzelvorträge

F. FRÖHLICH (Inst. f. exp. Physik d. Univ. Halle/Saale): *Zur Röntgenverfärbung von Alkalihalogenidkristallen bei Zimmertemperatur.*

Im Anschluß an vor einiger Zeit durchgeführte Untersuchungen zur Darstellung des zeitlichen Verlaufes der F-Zentrenbildung [Z. Naturforsch. 16a, 211 (1961)] wird der gefundene analytische Zusammenhang zwischen F-Zentrenkonzentration und Bestrahlungszeit zur Bestimmung der durch Strahlung erzeugten Leerstellenkonzentration benutzt. Insbesondere läßt sich der Anstieg der Bildungsrate der F-Zentren nach optischer Bleichung eines Kristalles bei erneuter Röntgenbestrahlung quantitativ behandeln. Es ergeben sich dabei bemerkenswerte Unterschiede zwischen NaCl- und KCl-Kristallen.

Weiter wurden geeignete Experimente zur Untersuchung der Abhängigkeit der Leerstellenbildung von der Röntgenintensität und zur Ermittlung des bei der Verfärbung stets gleichzeitig mitwirkenden Bleichprozesses durchgeführt.

H. MITTENDORF (I. Phys. Inst. Göttingen): *Eigenschaften von Aufdampfschichten des Systems TlCl-KCl nach röntgenographischen Untersuchungen.*

Es wurden binäre Salzsichten durch gleichzeitiges Kondensieren von TlCl und KCl erzeugt. Mit Hilfe von *Debye-Scherrer*-Diagrammen wurde die Struktur dieser Schichten in Abhängigkeit von Temperatur und Zusammensetzung untersucht. In einem begrenzten Temperaturbereich findet man Mischkristallbildung. Dabei ergaben sich in Abhängigkeit von der Zusammensetzung verschiedene kubische Gitterstrukturen. Bei hinreichend tiefer Kondensationstemperatur erhält man einen amorphen Zustand. Für die verschiedenen eingefrorenen Zustände werden „Phasen“diagramme ermittelt, die sich hinsichtlich der Temperatur komplementär zu den üblichen Gleichgewichtsdigrammen verhalten. Ähnliche Ergebnisse erhält man für das System TlCl/RbCl.

K.-J. BEST (I. Phys. Inst. Göttingen): *Eigenschaften von Aufdampfschichten des Systems TlCl-KCl nach optischen Messungen.*

Es wurde das Absorptionsspektrum als Funktion der Zusammensetzung im gesamten Konzentrationsbereich gemessen. Eine Zuordnung der Banden des reinen TlCl zu denen des KCl/Tl-Phosphors wurde diskutiert. Die Ergebnisse wurden mit parallel laufenden röntgenographischen Untersuchungen verglichen.

F. FISCHER (I. Phys. Inst., Göttingen): *Thermolumineszenz von KCl nach Röntgen- und UV-Bestrahlung bei Heliumtemperatur.*

An Einkristallen wurden Glowkurven der Lumineszenz zwischen 10 und 300 °K gemessen. Der Einfluß von gelösten Gasen und Gitterfehlern wurde untersucht. Bei 40 °K erscheint stets eine starke Glowbande nach Bestrahlung mit Röntgenlicht oder UV-Licht im Bereich der Excitonenbanden. Sie wird eingefrorenen Excitonen zugeschrieben, die bei dieser Temperatur beweglich werden. Die Halbwertsbreite ΔT von allen Glowbanden proportional zur Temperatur des Maximums gefunden: $\Delta T = (0,08 \pm 0,02) \cdot T_{\max}$.

W. FRANZ (Hamburg): *Effektive Zustandsdichten beim Tunneleffekt.*

Es wurde gezeigt, daß aus der einfachen Theorie des Tunneleffekts zwischen Materialien von unterschiedlicher Energie-Impuls-Abhängigkeit zu folgern ist, daß bei der Analyse der Bandstruktur von Supraleitern mit Hilfe des Tunneleffekts nicht die wahre Zustandsdichte gemessen wird, sondern eine effektive Zustandsdichte, welche sich von der wahren dadurch unterscheidet, daß die Maxima erniedrigt sind.

Nachmittag

Halbleiter, Magnetismus

F. KLUTKE (PTL, Lübeck): *Eine einfache Methode zur Messung der Luftschalldämmung.*

Mit einem selektiven Verstärker mit verstellbarer Frequenz und bekanntem Verstärkungsgrad wurde zwischen Mikrophon und Telephon (Lautsprecher) eine akustische Rückkopplung hergestellt. Nach dem Einsetzen der Schwingungen wurde der Verstärkungsgrad solange verkleinert, bis die Schwingungen abreißen. Als Luftschalldämmung wurde die Differenz der Verstärkungseinstellung für Aufstellung von Mikrophon und Lautsprecher im selben Raum und Aufstellung in verschiedenen Räumen betrachtet. Fehlerquellen durch stehende Wellen wurden diskutiert.

H.-G. UNRUH und H.E. MÜSER (Inst. f. Angew. Phys. der Univ. Münster): *Rasch ablaufende Nachwirkungserscheinungen in Seignettesalz.* (Vorgetr. von H.-G. Unruh)

Die ferroelektrische Hystereseschleife von Seignettesalz zeigt unmittelbar nach Einschalten des Wechselfeldes starke Einschnürungen, die innerhalb einiger Millisekunden verschwinden. Dies läßt sich mit Hilfe eines Modells über Platzwechselvorgänge von Zwischengitteratomen deuten. Aus dem Modell lassen sich Frequenzabhängigkeiten der Koerzitivfeldstärke und der Dielektrizitätskonstante folgern, die experimentell ebenfalls beobachtet werden konnten. Alle Messungen lieferten übereinstimmend für den Platzwechselvorgang eine Aktivierungsenergie von 0,5 eV.

D. HAHN und D. TAUBE (PTB, Berlin): *Die Ausheilung von Versetzungen in Germanium.* (Vorgetr. von D. Hahn)

Durch Anätzen wurden in Plättchen eines in 111-Richtung gezogenen Ge-Kristalls Versetzungen sichtbar gemacht, deren Ausheilung in Abhängigkeit von der Temperatur (0,5 bis 200 Stunden) und der Temperatur (bis 930 °C) untersucht wurde. Der zeitliche Verlauf der Ausheilung läßt sich in mehrere Prozesse mit unterschiedlichen Zeitkonstanten zerlegen, die sich durch die Annahme deuten lassen, daß Spontanreaktionen, Wanderungen in der Gleitebene und Diffusion von einer Gleitebene zur anderen die Ausheilung bewirken. Es wurden verschiedene Arten der Rekombination von Versetzungen beobachtet, die mit theoretischen Vorstellungen übereinstimmen.

O. KANERT und E. KAPPLER (Phys. Inst. d. Univ. Münster): *Messung der Versetzungsdichte an plastisch verformten Alkalihalogenidkristallen mit Hilfe der magnetischen Kernresonanz.* (Vorgetr. von O. Kanert)

In kubischen Kristallen ist an Kernen mit einem Quadrupolmoment bei Vorhandensein von Gitterstörungen im allgemeinen eine Linienverbreiterung und eine Abnahme der integralen Intensität des KMR-Signals zu erwarten. Mit einer Kernresonanzapparatur hoher Empfindlichkeit wurden an plastisch verformten Alkalihalogenidkristallen Messungen durchgeführt. Unter der Annahme einer statischen Gleichverteilung der Versetzungen im Kristall findet man ein einfaches Modell, welches eine Bestimmung der Versetzungsdichte aus den Messungen gestattet. Es ergeben sich für die Versetzungsdichte Werte zwischen 10^6 und 10^9 Linien/cm². Im allgemeinen nimmt dabei die Dichte linear mit der plastischen Verformung zu, abgesehen vom Bereich kleiner Versetzungsdichten (ca. 10^6 Linien/cm²), wo sie stärker ansteigt.

W. HELLENTHAL (Phys. Inst. d. Univ. Münster): *Veränderungen magnetischer Eigenschaften von dünnen Nickel- und Nickel-Eisen-Schichten bei Bestrahlung mit Protonen.*

Nickelaufdampfschichten wurden mit 50 keV-Protonen bei Zimmertemperatur bestrahlt, wobei eine Erwärmung durch hinreichend geringe Dosisleistung vermieden werden konnte. Es ergab sich je nach Dicke und Struktur der Proben eine Zunahme oder Abnahme der Koerzitivkraft. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Struktur, sowie der Orientierungsverteilung der Magnetisierungsvektoren in der Schicht während der Bestrahlung, läßt sich dieses unterschiedliche Verhalten deuten, was durch Versuche unter gleichzeitiger Einwirkung eines Magnetfeldes gestützt wird.

Die analoge Behandlung von Ni-Fe-Schichten ergab eine Möglichkeit, die Richtung leichtester Magnetisierung in der Schichtebene reversibel zu verändern. Hierbei wurde eine merkbliche Verringerung der Sättigungsmagnetisierung nicht beobachtet.

L. REIMER (Phys. Inst. d. Univ. Münster): *Untersuchung der Ummagnetisierung in dünnen ferromagnetischen Schichten.*

Es wurde ein Film vorgeführt, in dem die Ummagnetisierung dünner Schichten aus Eisen, Nickel und Kobalt mit einer elektronenoptischen Schattenmethode sichtbar gemacht war. Die Magnetisierungskurven der gleichen Schichten sind mit Hilfe des *Faraday*-Effektes aufgenommen worden.

SONNABEND, DER 15. APRIL 1961

Vormittag

Zusammenfassende Vorträge

H. NEUERT: *Neue kernphysikalische Anwendungen der Szintillations-spektrometrie.*

H. SEVERIN: *Spinwellen und Spinresonanzen in ferrimagnetischen Oxyden.*

Einzelvorträge

G. F. KOHLMAYR (Inst. f. theor. Phys. d. TH Darmstadt): *Zur Selbstkraft des Elektrons.*

Die *Minkowskische* Darstellung der klassischen (naiven) Elektrodynamik genügt nicht der darstellungstheoretischen Forderung nach Informationserhaltung. Eine informationserhaltende (isomorphe) hyperkomplexe Darstellung der Zwei-Ladungsträger-Elektrodynamik erfordert eine Algebra (Ring mit Haupteinheit) mit mindestens vierundsechzig linear unabhängigen Basis-elementen. Eine solcherart aufgespannte Elektrodynamik ist kovariant, sowohl bei der erweiterten *Lorentz*-Transformation als auch bei der *Abelschen* Vierergruppe der Ladungsspiegelungen. Die Basiselemente dieser Algebra können nach den Elementen der Quotientengruppe der erweiterten *Lorentz*-Ladungsspiegelungsgruppe eindeutig phor- und chronogeometrisch klassifiziert werden. Unmittelbar aus den *Maxwellschen* Gleichungen ergibt sich ein elementares Kraftgesetz, welches das *Coulombsche* Gesetz der Elektrostatik als Sonderfall enthält. Im Gegensatz zur herkömmlichen Anschauung ergibt sich jedoch, daß innerhalb ein und derselben Elementarladung *Coulombkräfte* nicht auftreten. Dieses Resultat bringt zum Ausdruck, daß sich die Ergebnisse einer Zwei-Ladungsträger-Elektrodynamik nicht ohne weiteres auf die der Ein-Ladungsträger-Elektrodynamik extrapolieren lassen.

D. MEINHARDT (MPI f. Eisenforsch., Düsseldorf): *Zur Theorie der Streuung thermischer Neutronen am idealen Kristall.*

Die Streuung thermischer Neutronen am idealen Kristall wurde neu berechnet. Setzt man das innere Potential des Kristalles als α -Potential an, so läßt sich die *Schrödingergleichung* durch den Ansatz zweier ebener Wellen zwischen je zwei Netzebenen lösen. Auf den Netzebenen selbst lassen sich die Lösungen der benachbarten Gebiete stetig aneinanderfügen. Durch diesen Ansatz wird auch die Mehrfachstreuung berücksichtigt. Das Verfahren gestattet sowohl die Behandlung eines Kristalles im „*Bragg-Fall*“ — Reflexion an einer beliebigen Anzahl N von unendlich ausgedehnten Netzebenen parallel zur Kristalloberfläche — als auch im „*Laue-Fall*“ —, Reflexion an einem Kristall endlicher Dicke mit Netzebenen senkrecht zu den unendlich ausgedehnten Kristalloberflächen.

Der Energie-Satz ist streng erfüllt. Die Lösungen gelten bis zum Streuwinkel $\gamma = 0$.

Durch Einführung eines imaginären Anteils der Streuamplitude läßt sich die Absorption in die Rechnung einbeziehen.

A. SEEGER, H. KRONMÜLLER und M. WILKENS (MPI f. Metallforsch., Stuttgart): *Kleinwinkelstreuung und Depolarisation von langsamen Neutronen an Kristallbaufehlern in Ferromagnetika.* (Vorgetr. von M. Wilkens)

Wie Hughes, Wallace und Holtzmann experimentell gezeigt haben, verursachen kleine Abweichungen von einer homogenen Magnetisierung eine meßbare Depolarisation eines polarisierten Neutronenbündels, das ein Ferromagnetikum durchdringt.

Der Einfluß nicht-homogener Magnetisierungen in der Nachbarschaft von Kristallbaufehlern — insbesondere Versetzungen — wurde im Hinblick auf die Streuung von Neutronenwellen theoretisch untersucht. Die magnetischen Inhomogenitäten erzeugen eine Kleinwinkelstreuung, die wesentlich stärker ist als der von der Volumendilatation herrührende Anteil.

Die Messung der Depolarisation des durchgehenden, vorpolarisierten Neutronenbündels (einschließlich der im Kleinwinkelbereich gestreuten Neutronen) ermöglichen die gleichen Aussagen über Zahl und Anordnung der Versetzungen, wie sie aus Suszeptibilitätsmessungen im Sättigungsbereich folgen. Es wurden einige quantitative Abschätzungen für verschiedene Versetzungsmodelle gegeben.

H. BROSS und A. SEEGER (Inst. f. theor. u. angew. Phys. d. TH Stuttgart und MPI f. Metallforsch., Stuttgart): *Ableitung eines Deformationspotentials für die Streuung von Elektronen an inhomogenen Verzerrungen in Kristallen.* (Vorgetr. von H. Bross)

Durch eine kanonische Transformation wurden in einem inhomogen verformten Kristall körperfeste Koordinaten eingeführt. Hierdurch wurde erreicht, daß die potentielle Energie formal dieselbe Form wie im unverformten Kristall besitzt. Die die kanonische Transformation beschreibenden Größen lassen sich durch den nichtlinearen Verzerrungstensor und durch die Versetzungsdichte ausdrücken. In den neuen Koordinaten erhält man eine *Schrödingergleichung*, die aus einem Teil besteht, der formal dieselbe Form wie die *Schrödingergleichung* des unverformten Kristalls besitzt und einem Teil, der im wesentlichen die Verzerrungen, die Verzerrungsableitungen und die Versetzungsdichten enthält. Den zuletzt genannten Teil, den man als eine Art Deformationspotential auffassen kann, kann man durch Störungsrechnung berücksichtigen, wobei als Funktionen nullter Näherung die Lösungen der *Schrödingergleichungen* im unverformten Kristall verwendet werden können. Das vorliegende Verfahren vermeidet eine Reihe von Schwächen, die dem bisher verwendeten Deformationspotential besonders bei der Anwendung auf Fehlstellen in Kristallen anhaften.

J. HAJDU (Göttingen): *Quanteneffekte in der magnetischen Widerstandsänderung.*

Zur Änderung des elektrischen Widerstandes tragen auch Quanteneffekte bei, die im Rahmen einer Statistik im klassischen Wellenzahlraum (k -Raum) nicht erfaßt werden können. Dazu gehören auch Oszillationen des Widerstandes, die denen der Suszeptibilität ähnlich sind. Die Herkunft dieser Oszillation kann man an Hand einer einfachen korrespondenzmäßigen Quantentheorie freier Elektronen im Magnetfeld erkennen. Diese Theorie läßt

sich auch auf das — anisotrope — Modell zweier überlappender isotroper Bänder übertragen; das ist ein Beispiel, an dem man das Zusammenspiel von Anisotropie und Quanteneffekten studieren kann.

D. LANGBEIN (Göttingen): Leitungsphänomene in anisotropen Metallen.

Durch eine spezielle Wahl der Ansatzfunktionen beim Kohlerschen Variationsverfahren kann es erreicht werden, daß sämtliche Integrale über die Verteilungsfunktionen der Elektronen gleichmäßig konvergieren (mit dem Grad der Näherung). Bei der Anwendung dieser Methode zur Bestimmung der elektrischen Leitungseffekte in elliptisch anisotropen Medien erhält man für den Einfluß der Anisotropie der Energiefläche $E(\kappa)$, der Dispersion $w(q)$ und des Wechselwirkungsmatrixelementes Elektronen-Phononen jeweils eine einfache Merkgel.

Nachmittag

Fortbildungstagung für Physiklehrkräfte

Zusammenfassende Vorträge

A. FLAMMERSFELD (Göttingen): Kernresonanz-Fluoreszenz (Mössbauer-Effekt).

H. ELSÄSSER (Göttingen): Aufbau des Milchstraßensystems.

W. KROEBEL (Kiel): Signalleitung in Nerven und ihre Schädigung durch radioaktive und Röntgenstrahlen.

A. HINZPETER (Hannover): Künstliche Radioaktivität der Atmosphäre.